

KAJIAN MODEL FISIK RAMBATAN BANJIR DI SEKITAR BANGUNAN AKIBAT DAMBREAK KONFIGURASI 4 BANGUNAN DAN BANGUNAN MIRING

VITTA PRATIWI

Progam Studi Teknik Sipil- FTIK
Universitas Komputer Indonesia

Model fisik mengenai rambatan banjir disekitar bangunan akibat dam-break merupakan hal yang menarik untuk dikaji, karena kerusakan yang ditimbulkan oleh dam-break berhubungan dengan hilangnya nyawa manusia dan kerusakan infrastruktur yang mendukung kehidupan manusia. Pembuatan model fisik di laboratorium diharapkan dapat memberikan gambaran langsung mengenai rambatan banjir di sekitar bangunan akibat dam-break. Model fisik rambatan banjir ini akan sangat berguna untuk menilai layak atau tidaknya situ/embung dengan bangunan yang padat di sekitarnya. Penilaian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk merancang ulang situ/embung sebagai bagian dari mitigasi bencana.

Eksperimen yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa model fisik rambatan banjir akibat dam-break di sekitar bangunan. Untuk mendapatkan simulasi dam-break, digunakan pintu (gate) yang dibuka tiba-tiba, sedangkan model bangunan disimulasikan dengan balok kayu yang ditempatkan 3 m di depan pintu. Simulasi dilakukan dengan dua konfigurasi bangunan yaitu: 4 bangunan persegi sejajar dengan posisi tegak dan 1 bangunan persegi panjang dengan posisi miring, yang semuanya di running dengan menggunakan debit tetap.

Kata kunci : model fisik, dam-break, banjir, bangunan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan jumlah penduduk yang sangat besar sehingga kebutuhan akan air bersih menjadi masalah utama dalam pembangunan. Oleh karena itu Indonesia perlu infrastruktur yang layak untuk menjamin pasokan kebutuhan air sepanjang tahun. Alternatif infrastruktur pasokan air adalah situ/embung, yang merupakan danau kecil. Pada musim hujan situ/embung akan menjadi penyimpanan sementara air hujan untuk mencegah banjir. Pada musim kemarau situ/embung akan menyediakan air yang telah disimpan pada musim hujan. Situ atau embung lebih disukai daripada reservoir karena lebih membangun baik dari segi

sosial, ekonomi maupun lingkungan.

Karena keuntungannya ada banyak situ/embung yang dibangun terutama di Jakarta sebagai ibukota dengan jumlah penduduk yang padat. Permasalahan muncul ketika Dam Break terjadi di situ/embung yang menjadikan bencana. Salah satunya adalah bencana Situ Gintung yang terjadi pada maret 2009. Dam Break dapat menyebabkan kerusakan besar di hilir sungai, baik dari segi kehidupan yang hilang dan rusaknya infrastruktur maupun properti. Kasus-kasus banjir besar di daerah pemukiman memiliki beberapa masalah yang perlu ditelaah lebih lanjut. Arah aliran yang terjadi tidak lagi sepenuhnya bergantung pada kondisi topografi lahan, karena adanya ban-

gunan-bangunan yang menghalangi arah aliran. Aliran yang terjadi berubah arah karena membentur bangunan. Pemodelan bangunan pada kasus banjir pemukiman ini merupakan suatu tantangan tersendiri dalam pemodelan banjir.



Gambar 1. Dam Break Situ Gintung

Peristiwa ini memerlukan kajian ilmiah, pemodelan fisik adalah salah satu cara yang dilakukan untuk memahami rambatan banjir ini. Walaupun demikian perkembangan model fisik Dam Break masih jauh dari sempurna karena banyaknya parameter yang mempengaruhi. Untuk itu dilakukan pendekatan-pendekatan konseptual untuk memperkecil jumlah parameter yang mempengaruhi. Pendekatan-pendekatan ini memerlukan validasi yang cukup yang berupa informasi kecepatan dan tinggi air yang terdistribusi di domain rambatan. Kajian model fisik merupakan salah satu langkah untuk memperoleh informasi dengan melakukan running model di laboratorium.

Pembuatan model fisik di laboratorium diharapkan dapat memberikan gambaran langsung mengenai rambatan banjir di sekitar bangunan akibat Dam Break. Model fisik rambatan banjir ini akan sangat berguna untuk menilai layak atau tidaknya situ/embung dengan bangunan yang padat di sekitarnya. Penilaian ini dapat digunakan untuk mengambil pertimbangan untuk me-

rancang ulang situ/embung sebagai bagian dari mitigasi bencana.

TINJAUAN PUSTAKA

Aliran Saluran Terbuka

Air merupakan salah satu fluida dalam bentuk cairan. Sebagai suatu fluida air digolongkan sebagai fluida cair yang tidak mampu mampat (incompressible). Salah satu sifat air sebagai fluida adalah tidak mampu menahan tegangan geser sehingga apabila ada gaya yang bekerja pada air maka air tersebut akan bergerak. Aliran di saluran terbuka diakibatkan oleh adanya gaya yang bekerja pada massa air. Gaya tersebut dapat berupa gaya hidrostatik, gaya berat air itu sendiri ataupun gaya yang bekerja pada permukaan.

Tinjauan Kecepatan

Untuk melakukan analisa berdasarkan tinjauan kecepatan didasarkan pada beberapa persamaan saluran terbuka sebagai berikut yaitu :

Persamaan Kontinuitas

Pada saluran terbuka dengan debit dianggap seragam untuk sepanjang saluran

$$Q_1 = Q_2$$

maka

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Jika $A_1 > A_2$ maka $v_2 > v_1$

Dimana :

A : Luas Penampang (m^2)

v : kecepatan (m^2/s)

Bilangan Reynold

Aliran pada saluran terbuka dapat diklasifikasikan berdasarkan pengaruh kekentalan fluida (viskositas) dan gaya gravitasi (g). Perbandingan yang disebabkan oleh gaya inersia, gravitasi dan kekentalan disebut sebagai bilangan Reynold (Re) ditulis sebagai berikut :

$$Re = \frac{v}{\nu l}$$

Dimana :

v : Kecepatan rata-rata aliran (m^2/s)

l : Panjang karakteristik

: h untuk aliran terbuka

: D untuk aliran tertutup

ν : viskositas kinematik (m^2/s)

Jika Re kecil maka aliran akan meluncur diatas lapisan lain yang dikenal sebagai aliran laminar dan jika aliran tersebut tidak terdapat garis edar tertentu yang dapat dilihat maka aliran tersebut disebut aliran turbulen. Pada aliran laminar yang diganggu dengan adanya bangunan akan timbul wake dimana aliran dihilir bangunan merupakan aliran turbulen. Dengan teori aliran potensial (dikembangkan oleh Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang).

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = \text{tetap}$$

Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan.

Ludwig Prandtl menjelaskan bahwa terbatasnya viskositas fluida terdapat difusi momentum dalam aliran ini bangunan dengan sisi-sisinya melawan dan memperlambat aliran terdekat di suatu daerah disebut lapisan batas. Hal ini menghasilkan penurunan tekanan kecil di bangunan dalam arah aliran. Sisa dari daerah aliran jauh dari bangunan mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi, dan medan aliran dalam situasi ini masih laminar.

Persamaan Manning

Persamaan Manning menyatakan:

$$V = \frac{k}{n} R_h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Dimana :

V : Kecepatan rata-rata

k : konstan konversi sebesar 1,486 untuk unit US atau 1,0 untuk unit SI

n : Koefisien Manning

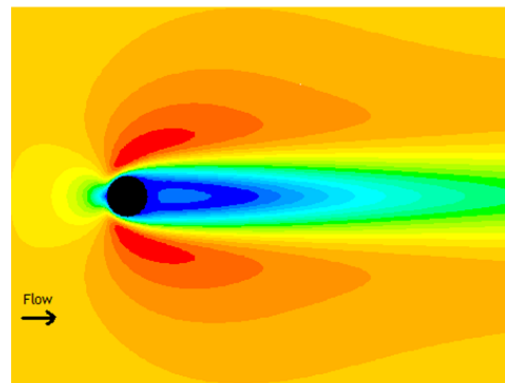
R : Jari – jari hidraulik (m)

S : Kemiringan permukaan air atau hidraulik headloss

$$S = (h_f / L)$$

Wake

Dalam mekanika fluida, wake adalah perubahan aliran dihilir bangunan akibat terganggu dengan adanya benda padat yang dilalui sebuah fluida. Aliran fluida disekitar benda padat berubah dari aliran laminar menjadi turbulen di belakang bangunan. Perubahan aliran ini dipengaruhi oleh bilangan reynold. Untuk aliran lambat dengan $Re = 40$ aliran disekitar bangunan hampir simetris seperti gambar dibawah ini :



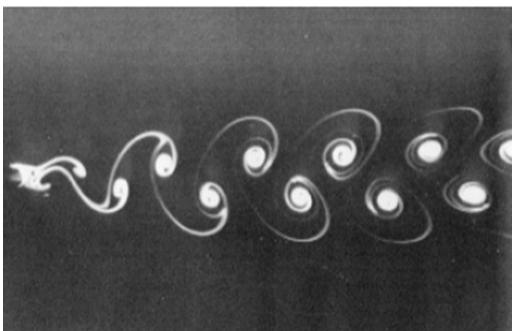
Gambar 2. Simulasi aliran yang melewati silinder dengan $Re = 40$

Dengan teori aliran potensial (dikembangkan oleh Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu silinder bertemu kembali di hilir silinder. Ludwig Prandtl berhasil menjelaskan bahwa terbatasnya viskositas fluida terdapat difusi momentum dalam aliran ini lalu silinder dengan dinding silinder melawan dan memperlambat aliran terdekat di suatu daerah disebut lapisan

batas. Hal ini menghasilkan penurunan tekanan kecil di silinder dalam arah aliran. Sisa dari daerah aliran jauh dari silinder mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi. Namun, medan aliran dalam situasi ini masih laminar.

Kenaikan bilangan reynold dari 40 - 100 maka terjadi perubahan aliran dimana daerah aliran dekat permukaan silinder mulai untuk memisahkan hilir dari atas dan bawah bagian silang lingkaran. Dua pusaran sirkulasi ditempatkan simetris di belakang silinder mengembangkan dan pakan bangun dari silinder dengan vortisitas. Aliran laminar stabil di sekitar silinder untuk $Re < 40$ seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas, ketika Re meningkat, berubah menjadi jenis lain aliran laminar, salah satu yang goyah dengan bangun osilasi periodik berangkat dari bagian belakang silinder. Ketidakstabilan ini dapat diperkirakan dari analisis perturbasi oleh linearizing dari persamaan Navier Stokes.

Meningkatkan Re lebih lanjut, untuk $Re > 100$, hasil dalam pemisahan goyah dari lapisan batas kental yang melapisi permukaan silinder. Terjadi perubahan waktu ejections periodik vortisitas dari bagian atas dan bawah bagian silang lingkaran dari silinder. Fenomena ini disebut pusaran Karman (Karman vortex).



Gambar 3. Karman vortex dibelakang silinder pada aliran seragam $Re = 300$

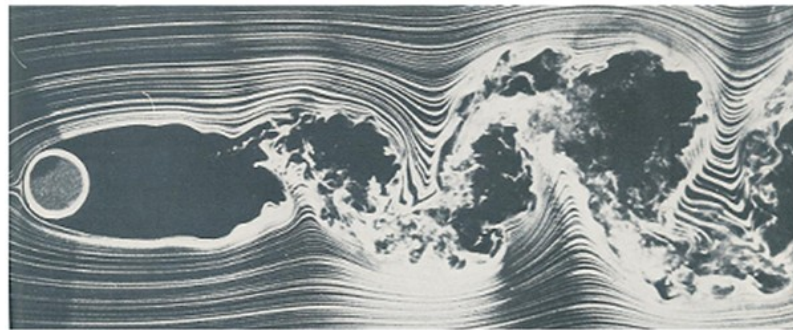
Meningkatnya bilangan reynold lebih lanjut, turbulensi terlihat untuk mengatur di di bangun jauh, akibat dari ketidakstabilan di vortisitas Karman. Meningkatnya Re turbulensi mencapai silinder dari hilir dan ketika mencapai Re dalam ribuan setelah seluruh belakang silinder yang bergolak. aliran pada dasarnya adalah aperiodik tetapi tetap mempertahankan sisa-sisa vortisitas periodik. Pada Re tinggi aliran di dalam membangunkan menjadi turbulen tetapi aliran rata-rata sekitar tubuh dan bangun masih laminar seperti terlihat pada gambar di bawah. Sebuah wilayah turbulensi berbutir halus terlihat segera sebelah belakang silinder seperti yang ditunjukkan pada gambar kedua di bawah. Selanjutnya hilir sebuah vortisitas spasial yang lebih besar lebih terorganisasi ada. Menariknya, di luar pusaran, aliran tetap laminar. Hal ini menunjukkan baik laminar dan aliran turbulen dapat hidup berdampingan dan bahkan spasial alternatif dalam konfigurasi ini. Lapisan batas yang melekat pada silinder yang tetap laminar sementara semua ketidakstabilan tersebut memicu fenomena yang terjadi hilir. Sebagai Re meningkat lebih lanjut, ini lapisan batas transisi dari laminar menjadi turbulen terjadi lebih lanjut dan lebih lanjut hulu di silinder.

Studi Terdahulu

Computation of The 'Isolated Building Test Case' and The 'Model City Experiment' Benchmarks (Soares Frazão dkk., 2003)

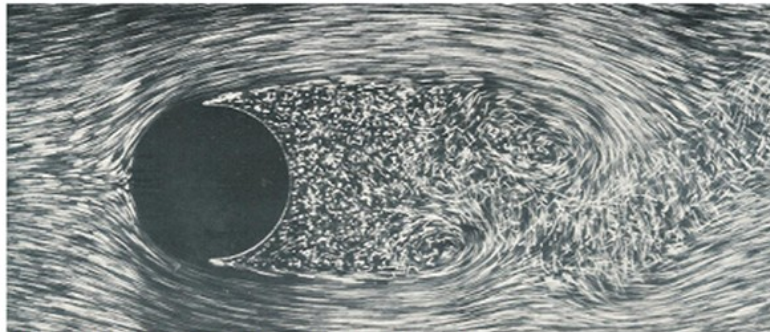
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku aliran dam-break yang bertemu dengan bangunan tunggal ataupun susunan beberapa bangunan. Penelitian ini mengulas kembali percobaan/model fisik yang pernah dilakukan sebelumnya.

Persamaan air dangkal dipecahkan dengan menggunakan skema Roe-type first-order finite-volume. Model numeric yang digunakan menggunakan Roe-type finite-volume scheme with a first order spatial accuracy (Soares Frazão, 2002).



(a) Visualizing turbulent cylinder wake at Re = 10000

[Courtesy: Thomas Corke and Hassan Nagib; from *An Album of Fluid Motion* by van Dyke (1982)]



(b) a closer look at Re = 2000 - patterns are identical as in (a)

[Courtesy: ONERA pic. Werle & Gallon (1972) from *An Album of Fluid Motion* by van Dyke (1982)]

Gambar 4. Aliran dibelakang silinder pada Re = 2000 dan 10000

Dipecahkan dengan menggunakan persamaan air dangkal St. Venant 2D (Shallow Water Equation).

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} + \frac{\partial G(U)}{\partial y} = 0$$

$$U = \begin{pmatrix} u \\ uh \\ vh \end{pmatrix}, \quad F(U) = \begin{pmatrix} uh \\ u^2h + \frac{1}{2}gh^2 \\ uvh \end{pmatrix},$$

$$G(U) = \begin{pmatrix} vh \\ uvh \\ v^2h + \frac{1}{2}gh^2 \end{pmatrix}, \quad S = \begin{pmatrix} 0 \\ gh(s_{0x} - sf_x) \\ gh(s_{0y} - sf_y) \end{pmatrix}$$

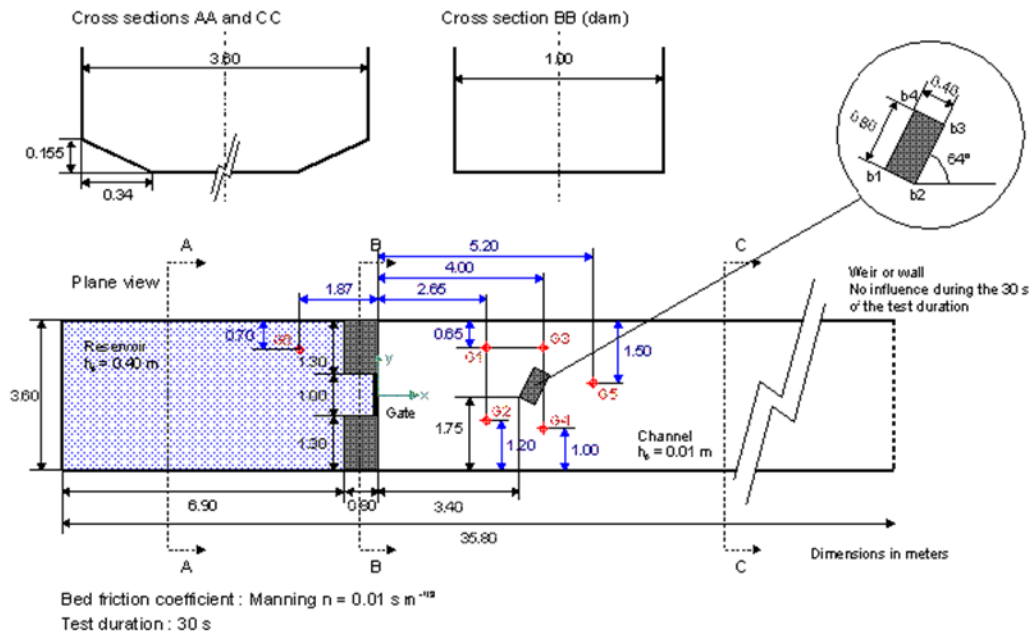
Persamaan skema numerik yang digunakan :

$$U_i^{n+1} = U - \frac{\Delta t}{A_i} \sum_{j=1}^{nb} T_j^{-1} F_j^* (T_j U_i^n) L_j + S \Delta t$$

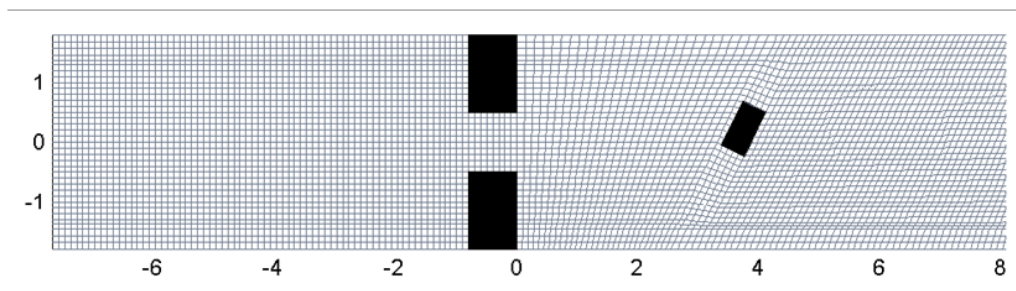
Adapun deskripsi studi kasus dari penelitian seperti Gambar 5 berikut ini.

Grid pemodelan numerik dapat diperhatikan pada Gambar 6 berikut.

Hasil penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat diperhatikan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 5. Set-up percobaan



Gambar 6. Grid pemodelan

PERALATAN DAN BAHAN

Saluran

Saluran yang digunakan dalam penelitian ini berupa saluran ber dinding kaca dengan dasar dari *fiberglass*, panjang as saluran dari hulu ke hilir adalah 11,3 m dengan lebar saluran 1 m. Saluran ini secara berturut-turut dari hulu ke hilir terdiri dari 2 bagian yaitu :

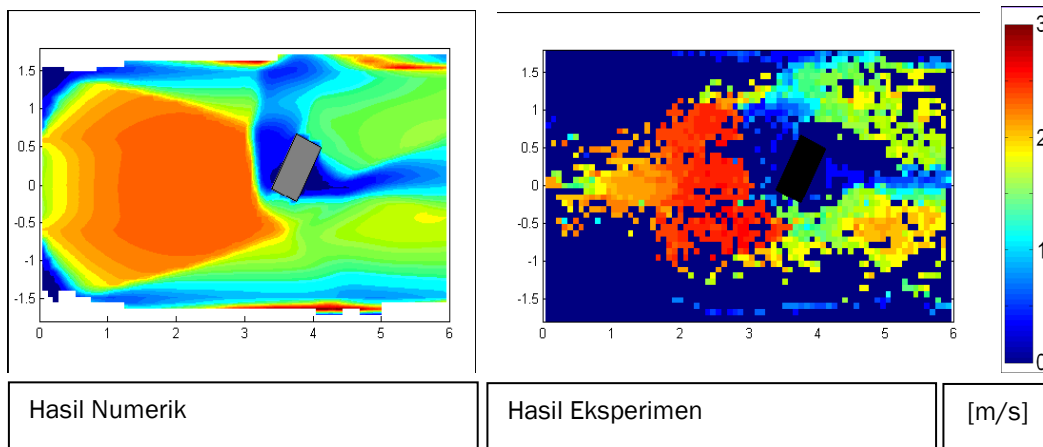
- Reservoir dengan panjang as saluran

6,3 m

- Flume dengan panjang as saluran 5 m

Material Dasar Saluran

Dinding saluran dibuat dari kaca untuk memudahkan pengamatan terutama pengamatan tinggi muka air dan memudahkan proses pengambilan gambar profil aliran dari samping. Sedangkan dasar saluran dibuat dari *fiberglass* untuk menghilangkan factor gesekan dari dasar saluran, dimana n manning *fiberglass* 0,010 yang dianggap



Gambar 7. Pengukuran kecepatan hasil numerik dan percobaan pada $t = 5s$

kecil sekali sehingga pengaruh gesekan bias diabaikan.

Reservoir

Reservoir merupakan tampungan air yang digunakan untuk menampung air sebelum pintu dibuka tiba-tiba. Ketinggian muka air di reservoir adalah 10 cm, ketinggian muka air di reservoir ditahan dengan menggunakan pelimpah samping, jika ketinggian muka air melebihi 10 cm maka air akan melimpang ke saluran pembuang di samping flume.

Pintu

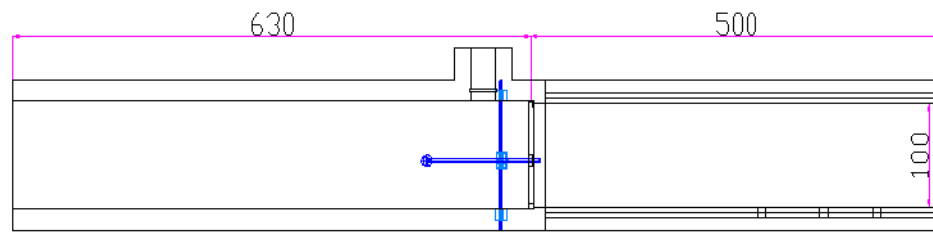
Proses *Dambreak* dalam penelitian ini dilakukan dengan mekanisme pembukaan pintu secara tiba-tiba. Pintu dibuka dengan sistem pengungkit dimana pintu dibuka seluruhnya atau ketinggian muka air di reservoir lebih kecil dibanding bukaan pintu.

Bahan dan Ukuran Bangunan

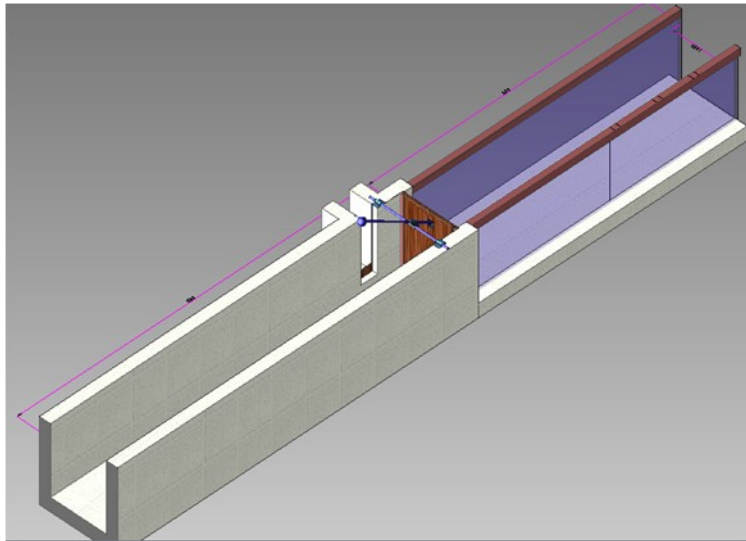
Bangunan terbuat dari balok kayu dengan ukuran 10 x 10 x 15 cm untuk tipe 4 bangunan sedangkan untuk bangunan miring menggunakan ukuran 30 x 15 x 15 cm. Agar bangunan tidak mudah bergeser bagian bawah bangunan di baut ke dasar saluran

Alat Ukur Kecepatan (Current Meter)

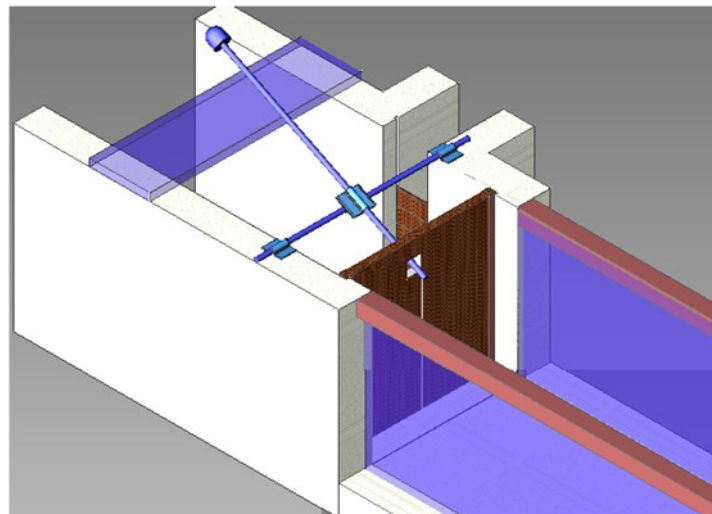
Alat ukur kecepatan yang digunakan adalah sebuah *current meter* yang menggunakan kipas (*fan*), sebuah mesin penghitung (*counter*) yang menghitung intensitas putaran dalam satuan Hz dan *data logger* sebagai perekam data yang mencatat data dari waktu ke waktu dan memindahkannya dalam bentuk data yang di baca oleh komputer dalam satuan volt. Jenis kipas *current meter* yang digunakan adalah *low speed* (No. Seri alat : B8713), *counter* digital yang digunakan adalah streamflow-430, sedangkan untuk *data logger* (DataQ, no seri alat : DI-710) Untuk memeriksa hubungan antara intensitas putaran dengan kecepatan terukur terlebih dahulu dilakukan perbandingan pembacaan antara kipas *low speed* dan benda apung. Konversi awal harga kecepatan untuk *current meter* disesuaikan dengan hasil dari *data logger* yang memiliki satuan volt yang di ubah ke satuan Hz dimana 1 volt = 60 Hz. Sedangkan harga kecepatan untuk benda apung di ukur dengan menggunakan *stop watch*. Pengujian dilakukan pada flume dengan ukuran lebar 0,08 m dan panjang 8 m, yang dilengkapi dengan venturi meter dan piezo meter untuk mengukur debit.



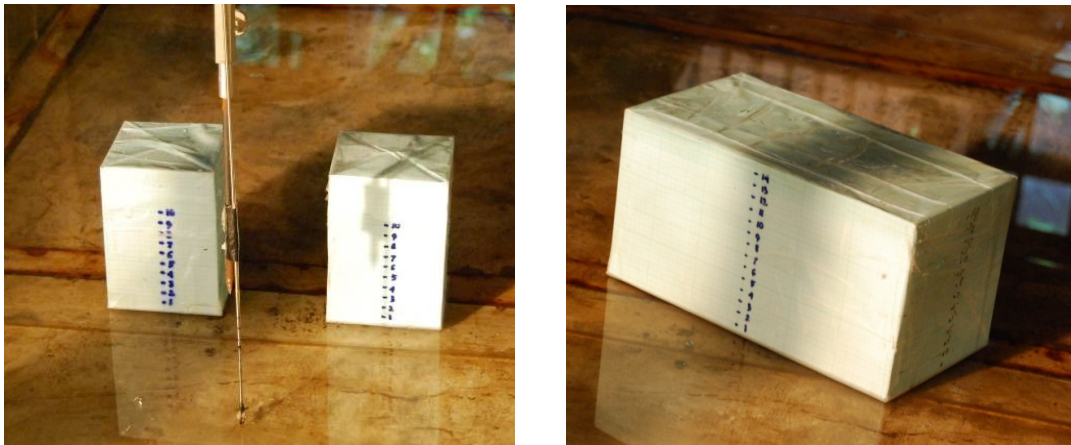
Gambar 8. Skema Saluran



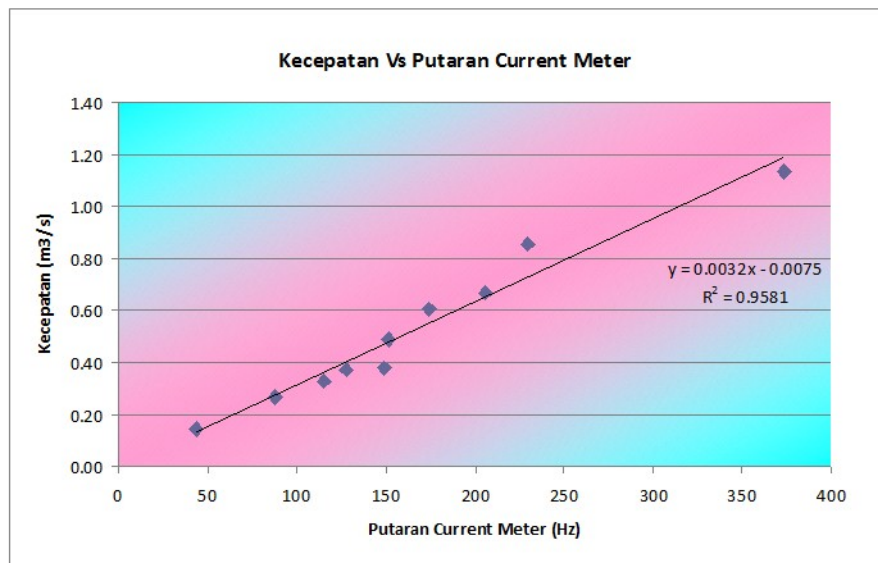
Gambar 9. Model Saluran



Gambar 10. Mekanisme Buka-an Pintu dengan pengungkit



Gambar 11. Prototipe Bangunan



Gambar 12 Kalibrasi Putaran Current Meter dan Benda Apung

Pada Gambar 12 adalah grafik hasil kalibrasi kecepatan putaran *current meter low speed* (Hz) terhadap kecepatan benda apung.

Alat Ukur Tinggi Muka Air

Karena keterbatasan alat untuk pengukuran tinggi muka air menggunakan kamera video yang dipasang di depan bangunan yang telah di beri mistar ataupun kertas block

milimeter.

Alat Ukur Waktu

Alat ukur yang digunakan adalah *stopwatch digital* dengan ketelitian hingga 0,01 detik.

Pompa

Pompa digunakan untuk menaikkan air dari saluran penampung yang berada di sekeliling laboratorium ke saluran pengatur.

Peralatan Bantu

Peralatan Bantu yang di perlukan adalah :

- Komputer/Laptop sebagai pencatat data
- Kamera dan video kamera
- Mistar

PENGUKURAN DAN PENGAMATAN

Skenario Pengukuran

Pengukuran dalam model fisik rambatan banjir diantara bangunan akibat *Dambreak* ini dilakukan dalam beberapa skenario konfigurasi bangunan, antara lain :

- Bangunan 4
- Bangunan Miring

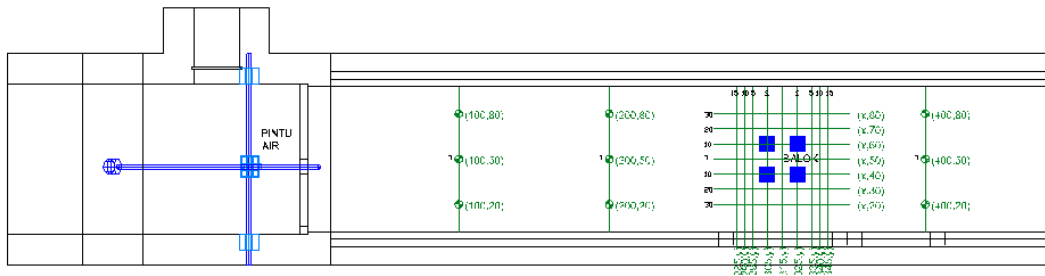
Pengukuran Kecepatan

Alat ukur kecepatan yang digunakan adalah sebuah current meter yang menggunakan kipas (*fan*), sebuah mesin penghitung (counter) yang menghitung intensitas

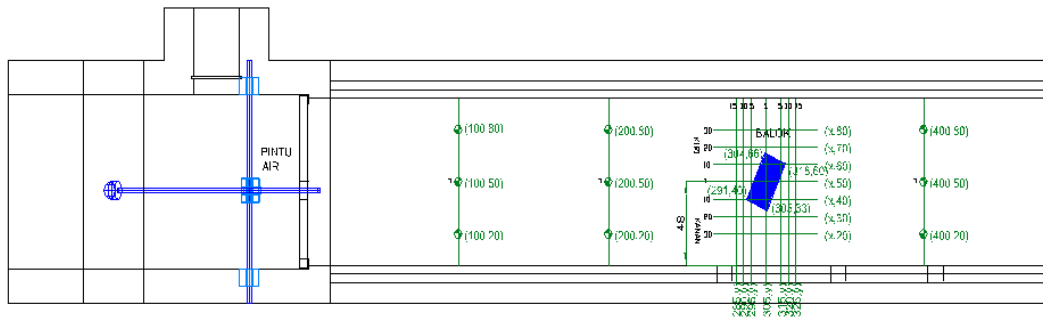
putaran dalam satuan Hz dan data logger sebagai perekam data yang mencatat data dari waktu ke waktu dan memindahkannya dalam bentuk data yang di baca oleh komputer dalam satuan volt.

Pengukuran kecepatan dilakukan dari awal bukaan pintu sampai current meter sudah tidak membaca ada kecepatan pada titik yang diamati. Dalam analisa hasil pengukuran kecepatan yang digunakan hanya 60 detik dari keseluruhan *running* model, hal ini dikarenakan keterbatasan *current meter*, dimana *current meter* dianggap valid jika tinggi muka air yang diukur diatas ukuran kipas (*fan*), karena kipas (*fan*) berukuran 1,5 cm maka tinggi muka air yang diukur dan dianggap valid nilainya adalah jika diatas 1,5 cm yang diperoleh pada detik ke 60.

Pengukuran kecepatan di lakukan pada titik -titik pada Gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Titik Pengamatan pada Saluran dengan Konfigurasi 4 Bangunan



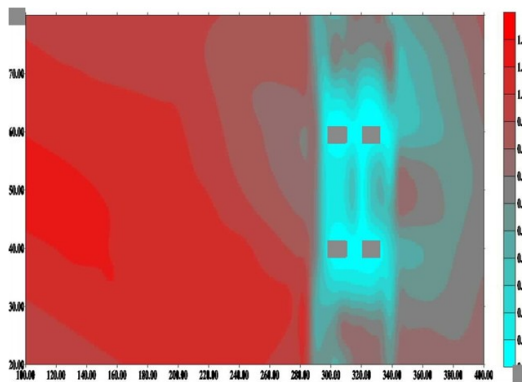
Gambar 14. Titik Pengamatan pada Saluran dengan Konfigurasi Bangunan Miring

ANALISIS DAN HASIL PERCOBAAN

Percobaan telah dilakukan dalam dua tipe konfigurasi bangunan dengan debit tetap, hasil dari percobaan ini dianalisa berdasarkan tinjauan kecepatan adalah sebagai berikut:

Percobaan Bangunan 4

Pada $t = 2$ kecepatan mulai bertambah dari detik pertama akibat adanya perubahan volume air dari reservoir terhadap waktu



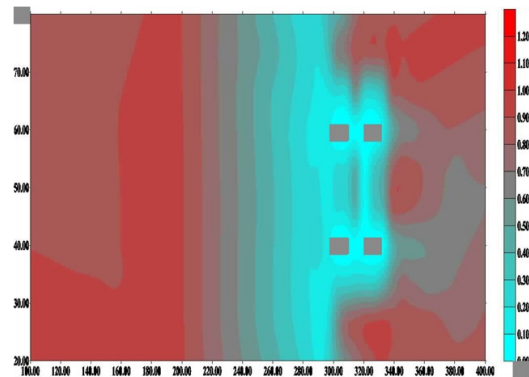
Gambar 15. Profil Kecepatan Kondisi Bangunan 4 $t = 2$

yang menyebabkan perubahan kecepatan pula terhadap waktu yang mulai meningkat pada detik 2 setelah ada perubahan bukaan pintu yang secara tiba-tiba.

Pada aliran laminar yang diganggu dengan adanya bangunan akan timbul wake dimana aliran dihilir bangunan merupakan aliran turbulen. Dengan teori aliran potensial (Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan.

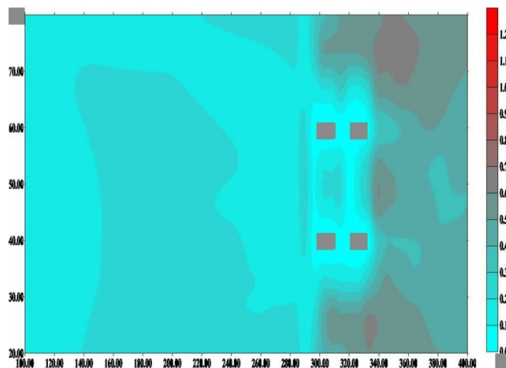
Ludwig Prandtl menjelaskan bahwa terbatasnya viskositas fluida terdapat difusi momentum dalam aliran ini lalu bangunan dengan sisi-sisinya melawan dan memperlambat aliran terdekat di suatu daerah disebut lapisan batas. Hal ini

menghasilkan penurunan tekanan kecil di bangunan dalam arah aliran. Sisa dari daerah aliran yang jauh dari bangunan mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi, dan medan aliran dalam situasi ini masih laminar.



Gambar 16. Profil Kecepatan Kondisi Bangunan 4 $t = 5$

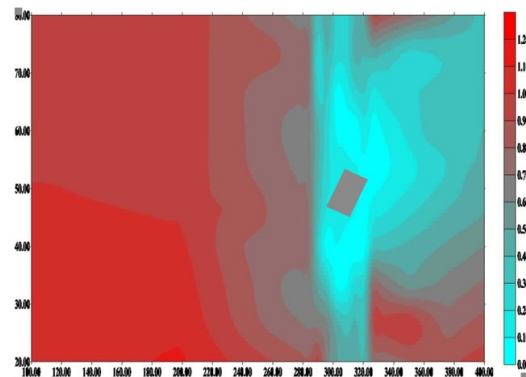
Pada $t = 5$ ada perubahan arah kecepatan menuju hulu akibat adanya back water setelah menabrak bangunan. Akibat adanya backwater ini juga terjadi perubahan ketinggian muka air di depan bangunan ke arah hulu sehingga menyebabkan pula perubahan kecepatan ke arah hulu. Pada bangunan 4 awal terjadinya backwater terjadi pada detik ke 5 dengan luas pengaruh back water hingga 1 meter depan bangunan. Karena sisi bangunan 4 yang tertabrak aliran lebih besar dibanding bangunan 1 maka waktu yang diperlukan pun lebih pendek yaitu pada detik ke 5.



Gambar 17. Profil Kecepatan Kondisi Bangunan 4 t = 20

Pada $t = 20$ Dengan teori aliran potensial (Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan. Garis-garis teratur ini membentuk daerah pengaruh wake yang kecil hanya 0.5 m di belakang bangunan dan setelah pengaruhnya hilang maka aliran akan kembali laminar karena sisa dari daerah aliran yang jauh dari bangunan mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi, dan medan aliran sehingga aliran kembali laminar. Namun dibandingkan pada bangunan 1 pengaruh wake pada bangunan 2 dan 4 tidak sebesar pada bangunan 1, hal ini diakibatkan karena antar bangunan saling meniadakan pengaruh. Timbulnya lapisan batas akibat difusi momentum aliran untuk kedua bangunan menyebabkan lapisan batas saling mempengaruhi dan saling meniadakan.

Pada $t = 2$ kecepatan mulai bertambah dari detik pertama akibat adanya perubahan volume air dari reservoir terhadap waktu yang menyebabkan perubahan kecepatan pula terhadap waktu yang mulai meningkat



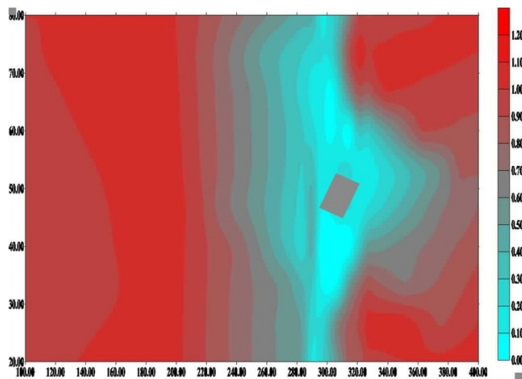
Gambar 18. Profil Kecepatan Kondisi Bangunan Miring t = 2

pada detik 2 setelah ada perubahan bukaan pintu yang secara tiba-tiba.

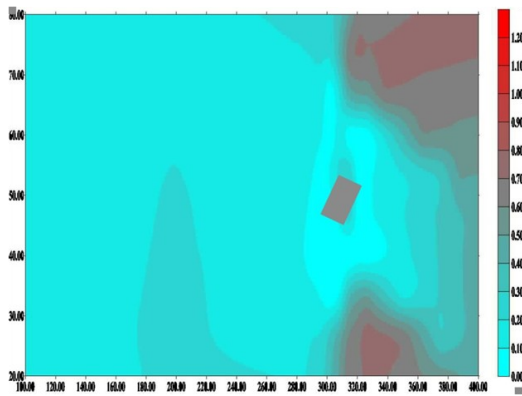
Pada aliran laminar yang diganggu dengan adanya bangunan akan timbul wake dimana aliran dihilir bangunan merupakan aliran turbulen. Dengan teori aliran potensial (Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan.

Ludwig Prandtl menjelaskan bahwa terbatasnya viskositas fluida terdapat difusi momentum dalam aliran ini lalu bangunan dengan sisi-sisinya melawan dan memperlambat aliran terdekat di suatu daerah disebut lapisan batas. Hal ini menghasilkan penurunan tekanan kecil di bangunan dalam arah aliran. Sisa dari daerah aliran jauh dari bangunan mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi, dan medan aliran dalam situasi ini masih laminar.

Kenaikan kecepatan di kanan dan kiri bangunan diakibatkan oleh adanya perubahan luasan saluran akibat adanya bangunan, berdasarkan persamaan kontinuitas maka Jika $A_1 > A_2$ maka $v_2 > v_1$.



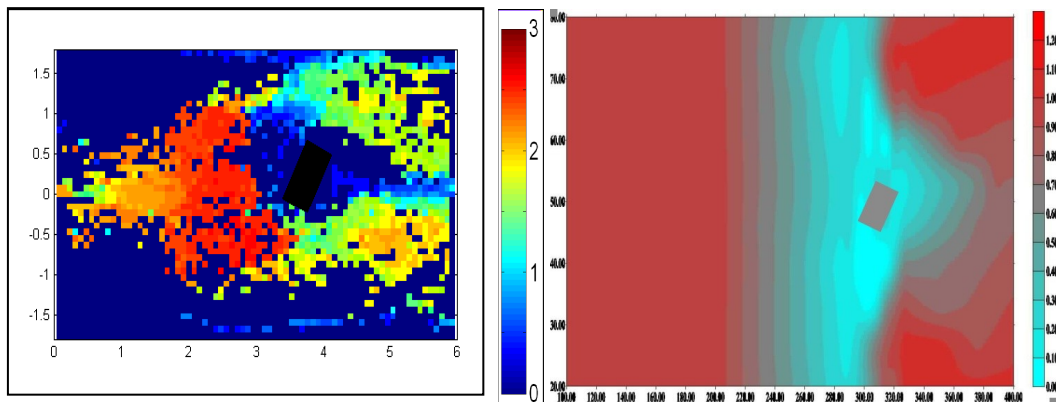
Gambar 19. Profil Kecepatan Kondisi Bangunan Miring $t = 4$



Gambar 20. Profil Kecepatan Kondisi

Pada $t = 4$ ada perubahan arah kecepatan menuju hulu akibat adanya back water setelah menabrak bangunan. Akibat adanya backwater ini juga terjadi perubahan ketinggian muka air di depan bangunan ke arah hulu sehingga menyebabkan pula perubahan kecepatan ke arah hulu. Pada bangunan 4 awal terjadinya backwater terjadi pada detik ke 4 dengan luas pengaruh back water hingga 1 meter depan bangunan. Karena sisi bangunan miring yang tertabrak aliran paling luas dibanding tipe konfigurasi lainnya maka waktu yang diperlukan pun paling pendek dibanding tipe konfigurasi lainnya yaitu pada detik ke 4.

Pada $t = 20$ Dengan teori aliran potensial (Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan. Garis-garis teratur ini membentuk daerah pengaruh wake yang sangat besar dibandingkan tipe bangunan lainnya hingga lebih dari 1 m di belakang bangunan dan sangat luas. Hal ini disebabkan karena luas bangunan miring lebih besar dibanding bangunan lainnya dan posisinya yang miring lebih memperluas pengaruh wake pada bangunan tersebut.



Gambar 21. Perbandingan Studi Terdahulu (Soares, 2003) dengan Bangunan Miring $t = 5$

Perbandingan Studi Terdahulu dengan Model Bangunan Miring

Tipe Bangunan Soares :

- Alirannya akibat jet sehingga profil kecepatannya pun mengikuti profil kecepatan akibat jet dimana pengaruh kecepatan pada awal saluran hanya ditengah saluran dan semakin membesar ke arah hilir.
- Pengaruh akibat wake disekitar dinding hanya hanya di tengah saluran tidak sampai dinding.
- Ada kenaikan kecepatan disamping bangunan akibat perubahan dimensi saluran, dimana dalam persamaan kontinuitas Jika $A_1 > A_2$ maka $v_2 > v_1$.
- Posisi bangunan ditempatkan dimana pengaruh akibat wake tidak dipengaruhi juga oleh pengaruh akibat jet.

Tipe Bangunan Miring :

- Alirannya langsung terkena dinding
- Pengaruh wake sampai ke dinding, hal ini disebabkan oleh perbandingan bangunan terhadap saluran yang lebih besar dibanding perbandingan bangunan soares.
- Perubahan kenaikan kecepatan tidak langsung pada samping bangunan tapi disisi belakang samping bangunan, hal ini disebabkan karena pengaruh wake masih cukup besar di kanan dan kiri bangunan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil profil kecepatan adalah sebagai berikut :

- Untuk keseluruhan tipe bangunan pengaruh akibat bangunan terjadi pada 50 cm depan bangunan dan hampir 1 m belakang bangunan.
- Detik 1 dan 2 running kecepatan tertinggi pada hulu saluran, pada detik ke 5 hingga ke 7 terjadi back water yang diperlihatkan dengan adanya pergerakan perubahan kecepatan ke arah hulu, setelah detik ke 20 kecepatan tertinggi ada pada hilir saluran dan titik di kanan kiri bangunan atau titik diantara bangunan karena adanya perubahan dimensi saluran akibat adanya bangunan.
- Untuk tipe bangunan miring memiliki pengaruh wake yang sangat besar karena pengaruh wake ini tidak ada yang menetralkan seperti pada bangunan 4 dimana energi yang terjadi saling meniadakan sehingga menyebabkan pengaruh dari wake tidak cukup besar.
- Waktu terjadinya backwater bangunan 4 terjadi pada detik ke 5 sedangkan bangunan miring terjadi pada detik ke 4. Perbedaan waktu terjadinya backwater karena pengaruh besarnya luas penampang sisi bangunan yang tertumbuk oleh aliran. Semakin besar sisi permukaan yang tertumbuk aliran maka waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya backwater semakin kecil.
- Perbandingan antara studi terdahulu dengan hasil penelitian pada bangunan miring memberikan hasil yang sama terhadap sebaran kecepatan disekitar bangunan, namun besarnya kecepatan tidak sesuai seperti studi terdahulu karena memiliki setting peralatan dan kondisi model yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ven Te Chow (1959): *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Inc., University of Illinois, 4, 38.
- B. Noel, S. Soares Frazao dan Y. Zech (2005): Computation of The 'Isolated Building Test Case' and The 'Model City Experiment' Benchmarks, *Universite Catholique de Louvain*, Belgium.
- S. Soares Frazao, N. Le Grelle dan Y. Zech (2003): Dam-break flow experiment in idealised representation of complex topography and urban area, *Universite Catholique de Louvain*, Belgium.
- Guido Testa, dkk. (2007): Flash flood flow experiment in a simplified urban district, *International Association of Hydraulic Engineer and Research*, Journal of hydraulic research vol 45 extra issue (2007), pp. 37-44.
- Brett F. Sanders, dkk. (2008): Integral formulation of shallow-water equation with anisotropic porosity of urban food modelling, *Journal of Hydrology*.

